

Vít KRIVÝ¹

**VÝPOČET KOROZNÍCH PŘÍDAVKŮ NA MOSTNÍCH KONSTRUKCÍCH
Z PATINUJÍCÍCH OCELÍ**

CALCULATION OF CORROSION ALLOWANCES ON WEATHERING STEEL BRIDGES

Abstrakt

V předkládaném článku je uvedena nově vyvinutá metodika výpočtu korozních přídavek, které je potřeba uvažovat při návrhu mostních konstrukcí z patinujících ocelí (oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi). Aplikace metodiky výpočtu korozních přídavek je v článku vysvětlena na modelovém příkladu mostní konstrukce.

Klíčová slova

Patinující oceli, korozní přídavky, koroze, ocelové konstrukce, mosty, Atmosfix.

Abstract

The new developed procedure for calculation of corrosion allowances is introduced in this paper. The corrosion allowances must be considered when designing bridge structures from weathering steel. The application of the procedure for calculation of corrosion allowances is explained also using selected model examples of bridge structures.

Keywords

Weathering steel, corrosion allowances, corrosion, steel structures, bridges, corten.

1 ÚVOD

Volba druhu oceli pro nosné stavební konstrukce je důležitou otázkou technickou i ekonomickou. Použití ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi přitom může být poměrně výhodné z řady technických, ekonomických, ekologických a časových důvodů.

Konstrukční patinující oceli se pro realizaci různých typů venkovních nosných konstrukcí ve stavu bez protikorozní povrchové úpravy používají ve světě (USA, Německo, Japonsko, Jižní Korea, Francie, Švýcarsko, Nový Zéland aj.) i v České republice již asi 40 let.

Základní specifickou vlastností patinujících ocelí je jejich schopnost vytvořit za vhodných atmosférických a konstrukčních podmínek postupně na svém povrchu vrstvu ochranných oxidů (patinu), která významně zpomaluje rychlost koroze. Patinující oceli bez další protikorozní ochrany tak lze použít jako běžný konstrukční materiál pro návrh nosných konstrukcí s návrhovou životností až 100 let.

Korozní rychlosti patinujících ocelí jsou ve srovnání s běžnou uhlíkovou ocelí výrazně nižší, přesto je nutné při návrhu konstrukcí zohlednit možný vliv korozních úbytků na spolehlivé fungování konstrukce po celou dobu její návrhové životnosti T_d [1]. Při praktickém navrhování se vliv předpokládaných korozních úbytků obvykle eliminuje pomocí korozních přídavek k tloušťkám prvků určených statickým výpočtem.

¹ Ing. Vít Krivý, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 363, e-mail: vit.krivy@vsb.cz.

Hodnoty korozních přídávků jsou v zahraničních předpisech obvykle odvozeny na základě jediného parametru – klasifikace korozní agresivity atmosfér [2]. Srovnání těchto doporučených hodnot korozních přídávků pro jeden exponovaný povrch konstrukce a pro návrhovou životnost $T_d = 100$ let je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 1: Korozní přídávky pro návrhovou životnost 100 let podle zahraničních předpisů

Země	Korozní přídávky pro stupeň korozní agresivity C2 – C4		
	C2	C3	C4
Německo	0,8 mm	1,2 mm	1,5 mm
Velká Británie	1,0 mm	1,0 mm	1,5 mm
Švédsko	0,6 mm	1,2 mm	1,7 mm
Poznámka: Hodnoty korozních přídávků pro Spolkovou republiku Německo jsou převzaty z [3, 4], pro Velkou Británii z [5], pro Švédsko z [6].			

V České republice se dříve používala pro navrhování konstrukcí z patinujících ocelí podniková norma [7]. Výpočet korozních přídávků podle [7] závisel na více parametrech - stupeň korozní agresivity, jakost materiálu, tloušťka profilu, dodržení doporučených zásad konstrukčního řešení, zajištění kontroly a údržby konstrukce. Porovnání s hodnotami korozních přídávků stanovených pouze na základě klasifikace korozní agresivity prostředí je proto obtížné a hodnoty korozních přídávků podle [7] nejsou v tabulce 1 záměrně uvedeny.

V rámci programu [8] byly provedeny a vyhodnoceny prohlídky většiny konstrukcí z patinujících ocelí, které byly postaveny na území České republiky. Z výsledků prohlídek a z provedených korozních zkoušek vyplývá, že pro výstižné stanovení korozních přídávků je nutné zohlednit více parametrů a ne pouze příslušný stupeň korozní agresivity. V porovnání s postupem uvedeným v [7] přináší nově představená metodika mnoho zásadních změn, především pak:

- kategorizaci exponovaných ploch na přímo smáčené plochy, nepřímo ovlhčované plochy a plochy ve vnitřním prostředí;
- výpočet směrného korozního úbytku na základě současné míry úrovně znečištění ovzduší v České republice;
- výpočet návrhové (dříve výpočtové) hodnoty korozního úbytku podrobněji specifikuje vliv polohy a umístění posuzované plochy v konstrukci;
- podrobněji je zohledněno případné zvýšené korozní namáhání konstrukce v důsledku zanedbané údržby;
- důsledně se rozlišují odlišné veličiny - korozní úbytek a korozní přídavek;
- minimální hodnota korozního přídávku závisí, kromě návrhových hodnot korozních úbytků, také na tloušťce prvku, třídě mezních válcovacích úchylek a míře statického využití posuzovaného prvku.

2 KATEGORIE UMÍSTĚNÍ POVRCHU

S ohledem na vznik a charakter patiny se na konstrukcích rozlišují následující tři typy ploch:

- Přímo smáčené plochy jsou takové, které jsou umístěny ve vnějším prostředí a jsou plně vystaveny působení všech atmosférických vlivů, především u nich dochází k přímému ovlhčování dešťovými srážkami.
- Nepřímo ovlhčované plochy jsou takové, které jsou sice umístěny ve vnějším prostředí, avšak nedochází k jejich přímému smáčení dešťovými srážkami. Tyto plochy jsou ovlhčovány převážně kondenzací vzdušné vlhkosti. Mezi nepřímo ovlhčované plochy lze zahrnout především ty části konstrukce, které jsou umístěny tzv. „pod přístřeškem“. Například u mostních konstrukcí se jedná o části umístěné pod horní mostovkou.

- Plochy ve vnitřním prostředí, které jsou vnějšími atmosférickými vlivy ovlivněny pouze omezeně (například vnitřní plochy uzavřených komorových průřezů).

Povrch patiny u přímo smáčených ploch je drsnější ve srovnání s nepřímo ovlhčovanými povrchy, vrstva patiny je však kompaktnější a více přilnavá, viz obrázek 1. Korozní namáhání nepřímo ovlhčovaných ploch je většinou nižší než u povrchů přímo smáčených dešťovými srážkami. Výjimku mohou tvořit případy, kdy kvůli omezenému provětrávání nedochází k rychlému vysychání z kondenzované vody (toto nebezpečí lze eliminovat vhodným dispozičním a konstrukčním řešením konstrukce). Ve srovnání s přímo smáčenými plochami je patina světlejší, bez odlesků, povrchy jsou rovnoměrné bez důlků, na povrchu jsou viditelné drobné částičky méně přilnavé rzi, viz obrázek 2. Proces vzniku patiny je pomalejší, ochranná účinnost takto vytvořené patiny je obdobná jako u patiny vytvořené na přímo smáčených površích. Na plochách ve vnitřním prostředí, které není hermeticky odděleno od prostředí vnějšího, se vytváří velmi tenká vrstva korozních produktů, korozní rychlosti jsou v porovnání s vnějším prostředím minimální.



Obr. 1: Vzhled patiny na přímo smáčených plochách (vlevo – patina na sloupu nosné konstrukce vysílače v Hošťálkovicích, uprostřed – patina na nárožníku trakčního elektrovedního stožáru v Ostravě, vpravo – patina na sloupu jeřábové dráhy v Ostravě - Vítkovicích)



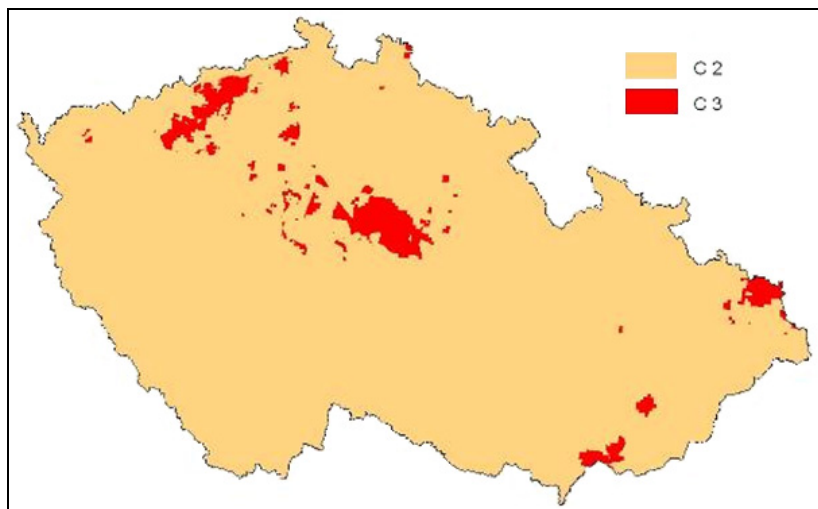
Obr. 2: Vzhled patiny na nepřímo ovlhčovaných plochách (vlevo – patina na stěně hlavního nosníku silničního mostu ve Frýdku-Místku, uprostřed – patina na ortotropní mostovce silničního mostu v Ostravě, vpravo – patina na stěně a dolní pásnici dálničního mostu přes Odru v Ostravě)

3 SMĚRNÉ KOROZNÍ RYCHLOSTI PATINUJÍCÍCH OCELÍ

Podle ČSN ISO 9223 [2] je korozní agresivita atmosfér klasifikována pěti stupni C1 až C5. Tato klasifikace vychází z hodnot ročních korozních úbytků standardních kovů po prvním roce expozice v dané lokalitě nebo hodnot rozhodujících činitelů koroze v atmosférickém prostředí: (a) znečištění oxidem siřičitým (SO_2) a vzdušnou salinitou; (b) doby ovlhčení korodujících povrchů, vyjádřené jako roční suma hodin s relativní vlhkostí nad 80 % při teplotě vyšší než 0°C .

Kyselý plynný složky znečištění ovzduší jsou jednou z hlavních příčin koroze materiálů. V současné době je průměrná roční koncentrace SO_2 na více než 80 % území České republiky nižší než $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (atmosféra s korozní agresivitou stupně C2); vyšší průměrná roční koncentrace SO_2 se vyskytuje v severních Čechách a na Ostravsku (stupeň C3, v blízkosti významných zdrojů znečištění až stupeň C4 – pro stanovení korozní agresivity se doporučuje se konzultace s odbornými pracovišti). Po zavedení řady opatření na omezení znečištění ovzduší především ze stacionárních zdrojů

(teplárny, elektrárny, apod.) jsou hlavními zdroji znečištění ovzduší malé stacionární zdroje a mobilní zdroje (automobilová doprava). Korozní agresivitu atmosféry v posuzované lokalitě lze stanovit z mapy korozní agresivity uvedené v [10], viz obrázek 3. Mapa byla vytvořena z údajů zpracovaných pro oblasti 2×2 km a nepostihuje mikroklimatické vlivy a vlivy vyplývající z konstrukčního řešení objektů.



Obr. 3: Mapa korozní agresivity pro patinující ocel při úrovni znečištění ovzduší SO_2 v roce 2010

Orientační odhady korozní rychlosti patinující oceli lze získat ze směrných hodnot korozních rychlostí (r_{av} , r_{lin}) podle ČSN ISO 9224 [9], viz tabulka 2.

Tab. 2: Směrné hodnoty korozních rychlostí patinujících ocelí

Stupeň korozní agresivity	Průměrná korozní rychlost v prvních 10 letech expozice r_{av} [$\mu\text{m}/\text{rok}$]	Ustálená korozní rychlost (po 10 letech expozice) r_{lin} [$\mu\text{m}/\text{rok}$]
C1	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$
C2	$0,1 \sim 2,0$	$0,1 \sim 1,0$
C3	$2,0 \sim 8,0$	$1,0 \sim 5,0$
C4	$8,0 \sim 15$	$5,0 \sim 10$
C5	$15 \sim 80$	$10 \sim 80$

4 URČENÍ SMĚRNÉHO KOROZNÍHO ÚBYTKU

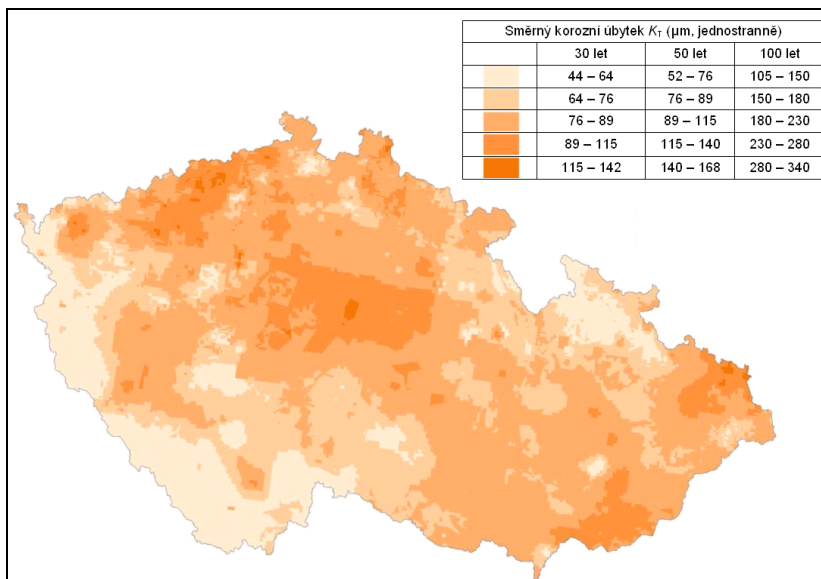
Korozní úbytek charakterizuje oslabení prvku ocelové konstrukce korozí jednoho povrchu. Pro stanovení směrného korozního úbytku K_T za dobu návrhové životnosti konstrukce T_d je možno použít jeden ze tří následujících postupů:

- (a) Směrný korozní úbytek K_T lze odvodit z horních hodnot směrných korozních rychlostí r_{av} a r_{lin} uvedených v tabulce 2 pro příslušný stupeň korozní agresivity, který lze určit podle „Mapy korozní agresivity ČR pro patinující oceli“ uvedené na obrázku 3. Vztah pro výpočet směrného korozního úbytku K_T je následující:

$$K_T = 10r_{av} + (T_d - 10)r_{lin} [\mu\text{m}] \quad (1)$$

- (b) Směrný korozní úbytek K_T pro návrhové životnosti $T_d = 30, 50$ nebo 100 let lze přímo odečíst z mapy uvedené na obrázku 4 (pro mezilehlé hodnoty návrhové životnosti T_d lze použít lineární interpolaci).

- (c) Pro výpočet směrného korozního úbytku K_T nebo přímo návrhové hodnoty korozního úbytku K_{Td} lze použít specializovaný software, který je dostupný na www.atmofix.cz.



Obr. 4: Mapa směrných korozních úbytků při úrovni znečištění ovzduší SO_2 v roce 2010

5 URČENÍ NÁVRHOVÉ HODNOTY KOROZNÍHO ÚBYTKU

Návrhovou hodnotu korozního úbytku K_{Td} jednoho povrchu patinující oceli ve volné atmosféře za dobu návrhové životnosti konstrukce T_d je možné vypočítat z rovnice:

$$K_{Td} = K_T \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \quad [\mu\text{m}] \quad (2)$$

kde K_T je směrný korozní úbytek za dobu návrhové životnosti T_d .

Součinitelé α_1 až α_4 byly odvozeny kvalifikovaným odhadem na základě výsledků atmosférických korozních zkoušek modelujících podmínky na mostních konstrukcích a z hodnocení dlouhodobě exponovaných mostních konstrukcí v České republice:

α_1 součinitel jakosti materiálu:

- pro ocel S355J2WP je $\alpha_1 = 1,00$;
- pro ocel S355J2W je $\alpha_1 = 1,20$;

α_2 součinitel v závislosti na poloze a umístění plochy v konstrukci, viz tabulka 3;

α_3 součinitel expozice:

- pro přímo smáčené povrchy je $\alpha_3 = 1,00$;
- pro nepřímo ovhčované povrchy (přístřešková expozice) je $\alpha_3 = 0,80$;
- pro nepřímo ovhčované povrchy mostních konstrukcí vedoucích nad vozovkou, u kterých se může významně projevit vliv usazovaných chloridů na korozní rychlost, je $\alpha_3 = 1,30$;

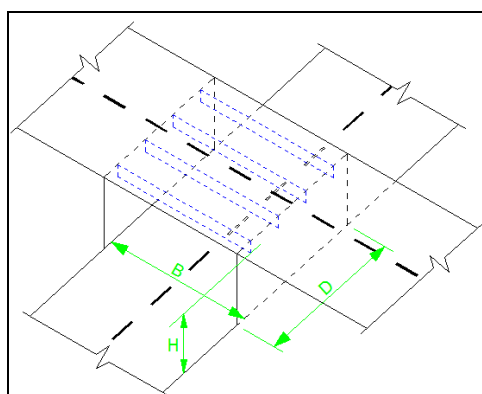
Jedná se především o mosty s omezeným provětráváním, u kterých je, v souladu s obrázkem 5, $H < 6 \text{ m}$ a/nebo $D > B$ (v nejasných případech se doporučuje konzultace s odbornými pracovišti).

- pro vnitřní plochy truhlíkových konstrukcí je $\alpha_3 = 0,20$;

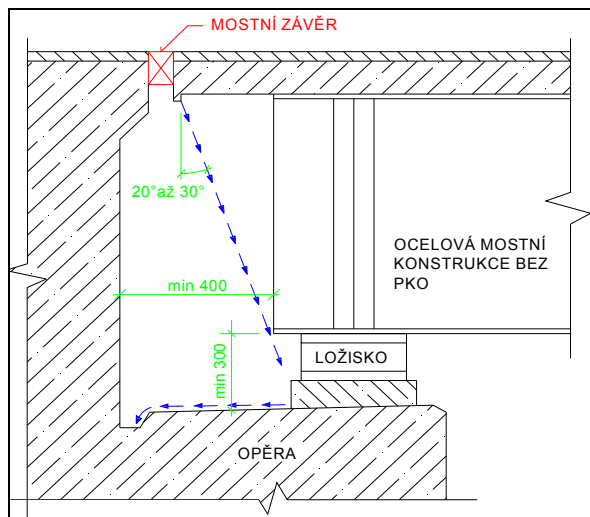
α_4 součinitel v závislosti na správném konstrukčním řešení a zajištění údržby v průběhu životnosti konstrukce, viz tabulka 4;

Tab. 3: Součinitel v závislosti na poloze a umístění prvku v konstrukci

Popis plochy	Součinitel α_2	Příklady
svislé plochy	1,00	stěny hlavních nosníků (včetně šikmých stěn komorových průřezů), stěny příčníků i podélníků; opláštění konstrukcí
vodorovné plochy shora nebo zdola	1,10	horní i dolní plochy pásnic hlavních nosníků, příčníků i podélníků; plech mostovky
plochy ohrožené zatékáním vody	2,00	především plochy v blízkosti mostních závěrů u mostních konstrukcí bez ošetřování posypovými solemi: <ul style="list-style-type: none"> - konzervativně lze uvažovat plochy ve vzdálenosti do 1,5 násobku výšky ocelové konstrukce od mostního závěru; - pokud při poruše mostního závěru nedojde ke smáčení ocelové konstrukce, viz obrázek 6, pak součinitel $\alpha_2 = 1,0$.
plochy ohrožené zatékáním slaných roztoků při zimní údržbě mostů	4,00	především plochy v blízkosti mostních závěrů u mostních konstrukcí v zimě ošetřovaných posypovými solemi: <ul style="list-style-type: none"> - konzervativně lze uvažovat plochy ve vzdálenosti do 1,5 násobku výšky ocelové konstrukce od mostního závěru; - pokud při poruše mostního závěru nedojde ke smáčení ocelové konstrukce, viz obrázek 6, pak součinitel $\alpha_2 = 1,0$.
koutové krční svary u dolní pásnice	1,50 ¹⁾	krční svary hlavních nosníků, příčníků i podélníků
POZNÁMKA ¹⁾ U krčních svarů ohrožených zatékáním vody se uvažuje $\alpha_2 = 3,00$ (zatékání bez vlivu posypových solí) nebo $\alpha_2 = 6,00$ (zatékání s vlivem posypových solí).		



Obr. 5: Mosty s omezeným provětráváním vedoucí nad vozovkou: vlevo – schematické znázornění; vpravo – typová ukázka mostní konstrukce, u které je vhodné při návrhu zohlednit vliv usazovaných chloridů (silniční a tramvajové mosty nad dálnicí D1 v Ostravě – rok výroby 2002)



Obr. 6: Vhodné ukončení nosné konstrukce mostu u opěry (protikorozní ochrana není potřebná): vlevo – doporučené rozměry; vpravo – silniční most v Brně (rok výroby 2005)

Tab. 4: Součinitel konstrukčního řešení a údržby konstrukce

Splnění podmínek		
Dodržení zásad konstrukčního řešení	Údržba konstrukce	α_4
ano	ano	1,00
ano	ne	1,50 ¹⁾
ne	ano	
ne	ne	2,50 ¹⁾
POZNÁMKA ¹⁾ Týká se nevhodných konstrukčních detailů, které je potřebné vyloučit konstrukčním řešením podle [10], nebo konstrukcí, u kterých není možné zajistit potřebnou údržbu v celé době návrhové životnosti.		

6 URČENÍ KOROZNÍCH PŘÍDAVKŮ

Vysoké hodnoty korozních úbytků tloušťky nosných prvků konstrukcí z patinujících ocelí, které by mohly omezit jejich spolehlivost při hodnocení jednotlivých mezních stavů podle platných technických norem, je nutné nahradit přiměřeným korozním přídatkem k výchozí jmenovité hodnotě tloušťky nosného prvku.

Minimální hodnotu korozního přídatku tloušťky nosného prvku je možné vypočítat ze vztahu:

$$\Delta t_{\min} = t_{d,\min} + K_{Td1} + K_{Td2} - t_{\text{nom}} - k_v, \text{ ale } \Delta t_{\min} \geq 0 \quad (3)$$

kde $t_{d,\min}$ je minimální potřebná tloušťka nosného prvku, vyhovující při rozhodujícím mezním stavu;

K_{Td1} návrhová hodnota korozního úbytku povrchu 1;

K_{Td2} návrhová hodnota korozního úbytku povrchu 2;

t_{nom} jmenovitá tloušťka prvku;

k_v hodnota v závislosti na tloušťce prvku a třídě mezních válcovacích úchylek tloušťky plechu, která se určí podle tabulky 5.

Tab. 5: Hodnoty k_v pro výpočet korozního přídavku

Jmenovitá tloušťka	Třída mezních válcovacích úchylek tloušťky podle ČSN EN 10029 [11]			
	A	B	C	D
	$k_v (\mu\text{m})$			
$5 \text{ mm} < t \leq 8 \text{ mm}$	50	150	450	-150
$8 \text{ mm} < t \leq 15 \text{ mm}$	100	250	600	-250
$15 \text{ mm} < t \leq 25 \text{ mm}$	150	450	750	-200
$25 \text{ mm} < t \leq 40 \text{ mm}$	250	750	1050	-100
$t \geq 40 \text{ mm}$	400	1100	1400	100
<p>POZNÁMKA: Hodnoty k_v uvedené v tabulce byly odvozeny ze dvou předpokladů:</p> <ol style="list-style-type: none"> korozní oslabení prvku o 1 % tloušťky nemá významný vliv na spolehlivé fungování konstrukce [12]; vliv dolních (záporných) mezních hodnot válcovacích tolerancí v běžně dodávané třídě mezních válcovacích úchylek A na spolehlivost konstrukce je zohledněn v souladu s [1] v součiniteli materiálu γ_M; rozdíl mezi přísněji stanovenou dolní hodnotou válcovací tolerance pro třídy B a C v porovnání s třídou A tak lze využít pro pokrytí korozních úbytků, aniž by byla ovlivněna spolehlivost konstrukce (podrobnosti o vlivu různých tolerancí na spolehlivé fungování konstrukcí lze nalézt např. v [13]). 				

Z výrazu (3) vyplývá, že o kladnou hodnotu korozního přídavku $\Delta t \geq \Delta t_{\min}$ je nutné zvětšit jmenovitou tloušťku nosných prvků především v následujících případech:

- v nejvíce namáhaných a pevnostně nejlépe využitých průřezech nosné konstrukce;
- v nejvíce korozně ohrožených průřezech, jako jsou komplikované konstrukční detaily, místa ohrožená zatékáním vody, nebo plochy ohrožené zatékáním roztoků solí při zimní údržbě mostů.

V ostatních mezilehlých částech konstrukce je výsledná vypočítaná hodnota korozního přídavku zpravidla záporná. V těchto částech je proto zvětšování jmenovité tloušťky nosných prvků zbytečné a neekonomické. Rovněž není účelné posuzovat a realizovat korozní přídavky u nosných prvků se jmenovitou tloušťkou 50 mm nebo větší, protože korozní úbytky mají jen velmi malý vliv na spolehlivé fungování konstrukce s takto silnostěnnými prvky. Výsledky rozsáhlé studie provedené ve Švýcarsku ukázaly, že korozní přídavky k tloušťkám běžných nosných prvků mostních konstrukcí nejsou pro území Švýcarska vůbec potřebné [12].

7 PŘÍKLAD VÝPOČTU KOROZNÍCH PŘÍDAVKŮ

V následující kapitole je uveden příklad výpočtu korozních úbytků a potřebných korozních přídavků na mostní konstrukci (výpočet je proveden pro stěnu hlavního nosníku a horní a dolní pásnici hlavního nosníku). Pro potřebu příkladu byl vybrán silniční most M1 – Černovická terasa Brno, viz obrázky 6 a 7. Nosná konstrukce mostu je navržena jako spřažený spojitý trámový nosník o pěti polích s horní železobetonovou mostovkou. Nosná ocelová konstrukce je navržena z patinující oceli S355J2W. Podrobnosti o konstrukčním řešení mostu lze nalézt v [14].

Směrný korozní úbytek pro návrhovou životnost 100 let:

$$K_T = 230 \mu\text{m} \text{ (odečteno z mapy na obrázku 4)}$$

Návrhová hodnota korozního úbytku:

$$K_{Td} = K_T \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \text{ (obecný vztah pro výpočet návrhové hodnoty korozního úbytku)}$$

$\alpha_1 = 1,20$ (ocel S355J2W)

$\alpha_2 = 1,00$ (stěna hlavního nosníku není ohrožena zatékáním vody – viz obr. 6)

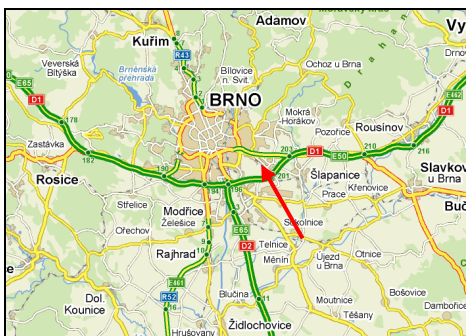
$\alpha_2 = 1,10$ (horní a dolní pásnice hlavního nosníku nejsou ohroženy zatékáním vody – viz obr. 6)

$\alpha_3 = 0,80$ (nepřímě ovlhčované dostatečně provětrávané plochy pod železobetonovou deskou)

$\alpha_4 = 1,00$ (dodržené zásady konstrukčního řešení [10]; konstrukce přístupná pro údržbu)

Stěna hlavního nosníku: $K_{Td} = K_T \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 = 230 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 0,80 \cdot 1,00 = 221 \mu\text{m}$

Horní a dolní pásnice: $K_{Td} = K_T \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 = 230 \cdot 1,20 \cdot 1,10 \cdot 0,80 \cdot 1,00 = 243 \mu\text{m}$



Obr. 7: Silniční most M1 – Černovická terasa Brno

Výpočet korozního přírůstku:

$\Delta t_{\min} = t_{d,\min} + K_{Td1} + K_{Td2} - t_{\text{nom}} - k_v$ (obecný vztah pro výpočet korozního přírůstku)

Stěna hlavního nosníku:

$k_v = 450 \mu\text{m}$ (předepsána dodávka plechů ve třídě válcovacích úchylek B; tloušťka stěny hlavního nosníku v rozmezí 15 až 25 mm)

$$\begin{aligned}\Delta t_{\min} &= (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) + K_{Td1} + K_{Td2} - k_v = (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) + 221 + 221 - 450 = \\ &= (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) - 8 \mu\text{m}\end{aligned}$$

Dolní pásnice hlavního nosníku:

$k_v = 750 \mu\text{m}$ (předepsána dodávka plechů ve třídě válcovacích úchylek B; tloušťka pásnice hlavního nosníku v rozmezí 25 až 40 mm)

$$\begin{aligned}\Delta t_{\min} &= (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) + K_{Td1} + K_{Td2} - k_v = (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) + 243 + 243 - 750 = \\ &= (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) - 264 \mu\text{m}\end{aligned}$$

Horní pásnice hlavního nosníku:

$k_v = 750 \mu\text{m}$ (předepsána dodávka plechů ve třídě válcovacích úchylek B; tloušťka pásnice hlavního nosníku v rozmezí 25 až 40 mm)

$$\begin{aligned}\Delta t_{\min} &= (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) + K_{Td1} - k_v = (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) + 243 - 750 = \\ &= (t_{d,\min} - t_{\text{nom}}) - 507 \mu\text{m}\end{aligned}$$

Zhodnocení výpočtu:

Z provedeného výpočtu vyplývá, že pro posuzované prvky nosné konstrukce mostu není potřeba uvažovat korozní přírůstky a to ani v případě, kdy je průřez hlavního nosníku plně staticky využitý (minimální potřebná tloušťka nosného prvku vyhovující při rozhodujícím mezním stavu $t_{d,\min}$ je rovna jmenovité tloušťce prvku t_{nom}). Návrhová hodnota korozního úbytku je dostatečně pokryta přísnějšími požadavky na záporné válcovací tolerance v třídě mezních válcovacích úchylek B.

8 ZÁVĚR

V příspěvku byla popsána metodika pro stanovení korozních přídavek k tloušťkám prvků navržených z patinujících ocelí. Uvedená metodika zohledňuje především nové poznatky, kterých bylo dosaženo při řešení projektu [8]. Výpočet korozních úbytků a následné určení korozních přídavek je jedním ze specifík návrhu konstrukcí z patinujících ocelí. Komplexní pohled na návrh konstrukcí z patinujících ocelí může čtenář nalézt v nově vydané směrnici [10], která je hlavním výstupem projektu [8].

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění projektu „Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB-TUO“, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/20.0013.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ČNI, 2004.
- [2] ČSN ISO 9223 Korozní agresivita atmosfér – Klasifikace. Praha: ČNI 1994.
- [3] DAST Richtlinie 007: Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle. Köln : Deutscher Ausschuss für Stahlbau, Deutschland, 1993.
- [4] FISCHER, M. Merkblatt 434: Wetterfester Baustahl. Düsseldorf : Stahl-Informations-Zentrum, Deutschland, 2004. ISSN 0175-2006.
- [5] BD 7/01 Weathering steel for highway structures (British standard). UK, 2001.
- [6] FISCHER, M., ROXLAU, U. Projekt 191 – Anwendung wetterfester Baustähle im Brückenbau. Düsseldorf : Studiengesellschaft Stahlanwendung e. V., Deutschland, 1992.
- [7] VN 73 1466 Nosné konstrukce z patinujících ocelí Atmofix (podniková norma) Ostrava: Vítkovice, a.s., 1994.
- [8] FT-TA5/076 Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce. Projekt Ministerstva průmyslu a obchodu ČR, 2008 – 2010.
- [9] ČSN ISO 9224 Korozní agresivita atmosfér – Směrné hodnoty pro stupně korozní agresivity. Praha: ČNI 1994.
- [10] KRIVÝ, V. et al. Směrnice pro používání ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi. Praha: SVÚOM, s.r.o., 2011 (v tisku). ISBN 978-80-87444-05-4.
- [11] ČSN EN 10029 Plechy ocelové válcované za tepla, tloušťky od 3 mm. Mezní úchytky rozměrů, tvaru a hmotnosti. Praha: ČNI, 1995.
- [12] LANG, T. P., LEBET, J. P. Brücken aus wetterfestem Stahl. Tec 21, 2002, Nr. 24, s. 23-29. Schweiz.
- [13] JUHÁS, P. Kvalita a geometrické odchýlky prútov a prierezov ocelových konštrukcií. Košice : Technická univerzita v Košiciach, 2007. ISBN 978-80-8073-949-2.
- [14] PECHAL, A. Mosty Bridges. Brno : Vydavatelství Ing. Antonín Pechal, CSc., 2009. ISBN 978-80-254-5279-0.

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Josef Vičan, CSc., Žilinská universita v Žiline, Stavebná fakulta.

Ing. Alexandr Kašný, Technoprojekt a.s.